

FREDERICO COTTA RENA

MANEJO DE PLANTAS ESPONTÂNEAS E FERTILIZAÇÃO NITROGENADA EM PRÉ-
SEMEADURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R393m
2013

Rena, Frederico Cotta, 1979-

Manejo de plantas espontâneas e fertilização nitrogenada em
pré-semeadura do milho em plantio direto / Frederico Cotta
Rena. – Viçosa, MG, 2013.

xi, 35 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Reinaldo Bertola Cantarutti.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 32-35.

1. Fertilidade do solo. 2. Nitrogênio. 3. Uréia. 4. Cultivos de
cobertura. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Solos. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 631.42

FREDERICO COTTA RENA

**MANEJO DE PLANTAS ESPONTÂNEAS E FERTILIZAÇÃO NITROGENADA EM PRÉ-
SEMEADURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de abril de 2013.

Prof. Edson Marcio Mattiello
(Coorientador)

Prof. Lino Roberto Ferreira

Prof. Genelício Crusoé Rocha

Prof. Reinaldo Bertola Cantarutti
(Orientador)

Dedico esta dissertação a duas pessoas que sempre estiveram comigo me dando força, incentivo e servindo como exemplo de dedicação: à minha esposa Júlien e

ao prof. Reinaldo Cantarutti.

Obrigado por acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço meus pais e irmãos pela minha formação familiar e de caráter, que vão contribuir para tudo em minha vida.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos pela oportunidade de mais essa formação

A Petrobras e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio material e financeiro.

Aos colegas Genton, Luiz Francisco e Joaquim e ao prof. Júlio Neves pela força e ajuda durante o curso.

Aos funcionários da UFV , Jorge Sales, Paulo, Gabriel e todos que trabalharam na Horta Nova durante o experimento, obrigado pela ajuda.

MUITO OBRIGADO

BIOGRAFIA

FREDERICO COTTA RENA, filho de Nelson Rena Filho e Rosália Flores Cotta Rena, nasceu em Ubá, Minas Gerais, no dia 19 de maio de 1979.

Realizou o ensino fundamental na Escola Estadual Professor Samuel João de Deus, em Paula Cândido e concluiu o ensino médio no Colégio Anglo, em Viçosa, Minas Gerais.

Em 2000, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em Engenharia Agrônômica em maio de 2006.

Em março de 2011, iniciou o Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na UFV.

SUMÁRIO

Resumo	vi
Abstract	ix
Introdução	01
Revisão de Literatura	03
Objetivos	09
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	18
Conclusões	32

RESUMO

RENA, Frederico Cotta, MSc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2013.
Manejo de plantas espontâneas e fertilização nitrogenada em pré-semeadura do milho em plantio direto. Orientador: Reinaldo Bertola Cantarutti;
Coorientadores: Júlio César Lima Neves e Edson Marcio Mattiello.

O parcelamento da adubação nitrogenada é a estratégia de manejo em que a maior fração da dose é aplicada na adubação de cobertura. No sistema plantio direto (SPD), pela dificuldade de incorporação do fertilizante, há um comprometimento da eficiência da adubação de cobertura quando se utiliza a ureia. A adubação nitrogenada em pré-semeadura, por ocasião da dessecação da planta de cobertura tem sido uma estratégia de sucesso, mas em restritas condições. O experimento objetivou avaliar a adubação nitrogenada na pré-semeadura do milho em SPD, com manejo das plantas espontâneas utilizando a ureia na forma perolada ou granulada. O experimento foi conduzido no campo experimental do DFT/UFV durante a safra 2010/2011. em um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, cultivado há seis anos em SPD. Foram fatores em estudo: planta de cobertura antecessora à cultura do milho (capim Marandú - *Brachiaria brizantha*, aveia preta - *Avena strigosa* e as plantas espontâneas); dose de nitrogênio aplicada na pré-semeadura do milho com a dessecação das plantas de cobertura

ou em cobertura no estágio V4 de desenvolvimento do milho (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), época da aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N na pré-semeadura em relação à dessecação (20 dias antes, na dessecação ou 20 dias após) e forma de ureia (ureia perolada PETROBRAS – UPP, ureia granulada PETROBRAS – UGP e ureia granulada especial – UTI). Estes fatores foram combinados em um fatorial incompleto de acordo com a estrutura da matriz Baconiana, totalizando 29 tratamentos. Antes da dessecação quantificou-se a biomassa das plantas de cobertura, identificaram-se as espécies de plantas espontâneas e determinou-se o teor de N na biomassa. Foi estimada a quantidade de N aportada por meio dos resíduos. Em parcelas com aplicação de 200 kg ha⁻¹ com os diferentes fertilizantes nitrogenados nas respectivas épocas em relação à dessecação avaliou-se a volatilização de NH₃ por meio de coletores semiaberto estáticos. A perda de amônia foi expressa em relação à dose de N aplicada. Ao final do ciclo vegetativo do milho (±70 dias após a germinação) coletaram-se plantas de milho, que foram processadas para a análise do teor de N. Estimaram-se as quantidades de N acumuladas na parte aérea do milho e com base nestas, estimou-se a recuperação aparente do N dos fertilizantes, considerando ou não o N aportado pelos resíduos das plantas de cobertura. A produtividade do milho foi expressa com a umidade dos grãos corrigida para 13 %. Concluiu-se que a adubação nitrogenada 20 dias antes da dessecação, com as plantas espontâneas ainda vivas proporcionou maior acúmulo de N na biomassa e redução na relação C/N. No entanto, isso não favoreceu maior mineralização considerando que manejo das plantas espontâneas por meio da dessecação química não foi eficaz para viabilizar a adubação nitrogenada na pré-semeadura no milho em sistema plantio direto. O manejo da aveia como planta de cobertura por meio da dessecação química foi mais eficaz para viabilizar a adubação nitrogenada na pré-semeadura. A ureia granulada

especial foi eficaz para a adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho em SPD, como manejo da planta de cobertura por meio da dessecação química.

ABSTRACT

RENA, Frederico Cotta, MSc. Universidade Federal de Viçosa, April of 2013. **Management of weeds and nitrogen fertilization on pre-sowing corn in no-till system.** Advisor: Reinaldo Bertola Cantarutti. Co-Advisor: Júlio César Lima Neves and Edson Marcio Mattiello.

The fractioned Nitrogen fertilization is a management strategy in which the largest fraction of the dosage is applied in topdressing. In Tillage System (TS), topdressing fertilization efficiency when using urea is compromised by the difficulty of incorporating the fertilizer. Nitrogen fertilization in pre-sowing, during the desiccation of the cover plants is a successful strategy, but in restricted conditions. The experiment aimed to evaluate the nitrogen fertilization in corn pre-sowing under Tillage system, with management of weed plants using pearly or grainy urea. The experiment was held in the experimental field of the Plant Science Department, Federal University of Viçosa during the 2010/2011 crop. The soil of the experimental area was a Red-Yellow Podsol grown for six years in Tillage System. The factors studied were cover plants prior to maize crop (grass Marandú - *Brachiaria brizantha*, oat - *Avena strigosa* and weed plants); Nitrogen dose applied at pre-sowing maize with desiccation of cover plants or the topdressing in the V4 stage of corn development (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹), the application period of 200 kg ah⁻¹ de N in pre-sowing in relation to the desiccation (20 days before,

during the desiccation or 20 days after it) and form of urea (PETROBRAS pearly urea - UPP, PETROBRAS granulated urea - UGP and special granulated urea - UTI). These factors were combined in an incomplete factorial according to the Baconian matrix, totaling 29 treatments. Before desiccation, the amount of biomass cover plants was quantified then identified the species of weed plants and determined and content of N in the biomass. The N input through the waste was estimated. In treatment with fractioned application of 200 kg ha⁻¹ N with different Nitrogen fertilizers at respective seasons to desiccation evaluated volatilization of NH₃ through static semi-open collectors. The waste of ammonia was expressed regarding the dose of N applied. At the end of the growing cycle of corn (± 70 days after germination) were collected corn plants that have been properly processed for the analysis of the percentage of N. Estimated the amount of N accumulated in shoots of corn and based on these, an estimation of the apparent recovery of N fertilizer, considering or not the N contributed by residues of cover plants. Maize grain productivity was expressed with the grain humidity corrected to 13%. The results showed that nitrogen fertilization 20 days before drying, with weeds still alive provided greater N accumulation in biomass and reduction in C/N ratio. However this has not favored higher mineralization whereas management of weeds through herbicide application was not effective to enable the Nitrogen in the pre-sowing of the Tillage corn. The management of oats as cover crop by herbicide application was more effective to enable the Nitrogen fertilization in the pre-sowing. The special granulated urea was particularly effective for nitrogen fertilization in pre-sowing of maize under TS as management of cover crop through chemical desiccation.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes requeridos pelas plantas, participando da composição química das proteínas, dos ácidos nucleicos e da clorofila, que são compostos importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

Entre as fontes de N utilizadas destaca-se a ureia, em razão do maior teor de N e, conseqüentemente, menor custo, além da facilidade de seu manejo devido à baixa higroscopicidade e corrosividade. Apesar dessas vantagens, a aplicação superficial compromete sua eficiência em razão da perda do N, decorrente da volatilização de amônia, que é intensa em solo com baixa umidade, elevada temperatura e baixa CTC, e quando há acúmulo de resíduos vegetais. A perda de N pode ser atenuada com utilização de ureia de liberação lenta e/ou controlada, que, no entanto, ainda não tem seu uso difundido. Com o uso da ureia convencional (forma perolada) busca-se atenuar a volatilização por meio da adequação do manejo da adubação nitrogenada, quanto à dose, épocas e forma de aplicação.

Para sincronizar o suprimento de N com a demanda da planta e reduzir as perdas, a dose de nitrogênio é comumente parcelada, aplicando-se uma

pequena parcela da dose no plantio e o restante da dose em cobertura, em época que varia com a cultura. No sistema plantio direto (SPD) a eficiência da ureia na adubação de cobertura é comprometida devido a maior volatilização de NH_3 , em razão da elevada atividade da urease. No SPD a qualidade dos resíduos vegetais torna-se importante na disponibilização do N, devido à predominância da imobilização ou mineralização, o que depende, entre outros fatores, da relação C/N. Com isso, para resíduos vegetais que apresentam alta relação C/N, o processo de imobilização será mais atuante do que para resíduos que possuem uma baixa relação. Para o cultivo do milho em SPD a dose do N referente à adubação de cobertura tem sido aplicada, antecipadamente, no momento do manejo (corte ou dessecação) da cultura de cobertura. Para as condições do sul do Brasil tem-se alcançado resultados positivos em SPD já estabilizados e solos com alto teor de MOS (Broch & Ranno, 2007). Para tanto, é necessário uma cultura de cobertura que produza resíduos com relação C/N que favoreça a rápida imobilização pela planta e mineralização do N. Essa é uma das limitações para a adoção desta estratégia de manejo da adubação nitrogenada no SPD nas regiões central e sudeste do Brasil, onde o inverno seco impossibilita o cultivo de culturas de cobertura. Uma das alternativas é o uso das plantas espontâneas para a cobertura do solo em um sistema de pousio. A diversidade de espécies poderá viabilizar resíduos com relação C/N que viabilize o manejo da adubação nitrogenada antecipada.

REVISÃO DE LITERATURA

A produtividade da cultura do milho está estreitamente relacionada com o aporte de N, desde que a disponibilidade dos demais nutrientes, sobretudo a de Fósforo (P), não seja limitante. O aporte de N pelo solo e pela mineralização dos resíduos vegetais, de um modo geral, não atende a demanda da cultura. A adubação, portanto, é imprescindível e é feita pela aplicação de 20 a 30 kg/ha de N no plantio e uma dose que varia com a produtividade aplicada em cobertura, usualmente quando as plantas atingem de quatro a seis folhas expandidas.

Para MAR et al. (2003), para se obter a máxima eficiência do fertilizante nitrogenado, é importante determinar as épocas em que esse nutriente é mais exigido pelas plantas, permitindo, assim, corrigir as deficiências que possam ocorrer no desenvolvimento da cultura. A eficiência da adubação nitrogenada é dependente de condições climáticas, tipo de solo, acidez, conteúdo de argila, cultivares, cultura antecessora, distribuição de chuvas, níveis de fertilização nitrogenada e sua interação com outros nutrientes (SIMS et al., 1998).

A cultura do milho, assim como outras de grande importância para o agronegócio brasileiro, tem sido conduzida em sistema plantio direto (SPD). Esse

sistema se caracteriza pelo revolvimento do solo apenas na linha de plantio, rotação de culturas e a permanência de resíduos vegetais na área. Os resíduos são determinantes para melhoria física, química e biológica do solo (Lange et al., 2009). No SPD uma cultura de inverno (período de entre safra), com valor comercial ou não, deve produzir palhada para propiciar a cobertura do solo e suprir parte do N demandado pela cultura principal, o que exige um sincronismo entre a mineralização da palhada e a demanda da cultura (Amado, 1997; Amado et. al., 2000).

A decomposição dos resíduos culturais aportados à área é controlada por fatores bióticos e abióticos que determinam a velocidade do processo de mineralização e a persistência desses resíduos na superfície do solo (Aita, 1997; Espínola et al., 2006). A atividade microbiana e a taxa de decomposição dos resíduos são influenciadas, entre outros fatores, pelo contato solo/resíduo, que é definido pela intensidade da incorporação, pelo regime hídrico, pela temperatura, pela relação C/N e pela a adição de N inorgânico ao solo (Tian et al., 1992; Jama & Nair, 1996; Janssen, 1996; Mary et al., 1996). Entre esses fatores, a relação C/N dos resíduos adicionados ao solo assume importante papel na decomposição e na relação entre mineralização/imobilização de N. A relação C/N varia com o tipo de planta e seu estágio de maturação. Quando essa relação é igual a 25, há um equilíbrio entre os processos de imobilização e mineralização, enquanto que valores superiores a este causam imobilização líquida e valores inferiores a 25 promovem mineralização líquida de N ao solo (Aita, 1997; Monteiro et al., 2002; Kumar & Goh, 2003).

No Sul do Brasil há vários estudos mostrando a eficiência do uso de culturas de inverno no incremento da produtividade da cultura do milho em SPD (Pöttker & Roman, 1994; Teixeira et al., 1994; Aita et al., 1994; Da Ros & Aita,

1996; Sá, 1996; Amado, 1997; Heinrichs et al., 2001; Amado, 2002; Cereta et al., 2002). Esses estudos recomendam o uso de leguminosas, principalmente da ervilhaca, com fonte suplementar de N na produção de milho. Além de proporcionar a vantagem de outras culturas de inverno, tal como o controle da erosão, a ervilhaca fornece elevadas quantidades de N para milho em sucessão e pode, parcialmente ou totalmente, substituir o uso de fertilizante mineral nitrogenado (Aita et al., 1994, Da Ros & Aita, 1996). A ervilhaca comum (*Vicia sativa*), por exemplo, aporta de 50 a 200 kg ha⁻¹ de N (Bolliger et al., 2006). No entanto, devido à baixa relação C/N, a velocidade de liberação de N dos resíduos de leguminosas é muito rápida. Estima-se que 60 % do N são mineralizados nos primeiros 30 dias após o manejo (Amado, 1997). Em decorrência disso, recomenda-se que a semeadura de milho ocorra num período de tempo não superior a uma semana após manejo (Aita, 1997). Apesar dessas vantagens, o uso de leguminosas como espécies antecessoras da cultura do milho é pequeno, por apresentar maior custo de implantação em relação às gramíneas, por terem menor rendimento de massa seca, pelo lento desenvolvimento inicial e, principalmente, pela rápida decomposição de seus resíduos.

Algumas espécies destacam-se pela quantidade de palhada produzida, podendo atingir, por exemplo, 10 t ha⁻¹ para o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e 8,7 t ha⁻¹ para a aveia preta (*Avena strigosa*) (Monegat, 1991). Heinzmann (1985) avaliou a dinâmica do N em um Latossolo no norte do Paraná, com elevada capacidade de fornecimento de N, cultivado com feijão, soja ou milho em sucessão ao pousio ou cultivo de aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca peluda, tremoço ou trigo no inverno. No momento do manejo da cultura de inverno (colheita ou dissecação) havia no solo cultivado com aveia preta cerca 30 kg ha⁻¹ NO₃, o que eram menores do que os teores no solo mantido em pousio. Porém, 20 dias após,

os teores de NO_3 atingiram 60, 90, e 110 kg ha^{-1} de N, no solo cultivado com aveia preta, tremoço e nabo forrageiro, respectivamente. Aos 54 dias foram encontrados os maiores teores de NO_3 no solo cultivado com nabo forrageiro, mas, no solo cultivado com aveia preta ocorreram picos nos teores de NO_3 aos 120 e 160 dias. Tais resultados evidenciam que a liberação de N a partir da mineralização da palhada da aveia preta possibilita um melhor sincronismo com a demanda de N pelo milho, que se estende do florescimento ao enchimento de grãos. No entanto, no milho cultivado em sucessão à aveia preta ocorre, geralmente, redução na absorção de N e menor produtividade de grãos. As elevadas quantidades de palhada da aveia com alta relação C/N faz com que prevaleça a imobilização sobre a mineralização do N (Victoria et al., 1992). Amado et al. (2003) estimaram que apenas 38 % do N contido na planta de aveia preta são disponibilizados nas primeiras quatro semanas após seu manejo, o que promove uma assincronia entre a disponibilidade do N no solo e o desenvolvimento inicial das plantas de milho.

A aveia preta é utilizada com frequência como cobertura de inverno no Sul do Brasil, antecedendo as culturas de milho e soja em SPD, o que se deve à elevada produção de palhada, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez de formação de cobertura e ciclo adequado (Pöttker & Roman, 1994; Santi et al., 2003). Dentre os benefícios, constata-se que a aveia preta melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo em SPD e viabiliza o uso da adubação nitrogenada antecipada na cultura do milho. Com essa estratégia de manejo, a dose de N que é usualmente aplicada em cobertura é antecipada para antes do plantio.

A possibilidade de antecipar a adubação permite uma maior flexibilidade do seu manejo e com isto contribui também para redução de gastos, quando é utilizado corretamente o insumo na produção (Lange et al., 2009). Para que a

antecipação seja eficaz, a mineralização da palhada da cultura de cobertura deverá demandar a imobilização de N (elevada relação C/N), mas, ao mesmo tempo, propiciar uma gradativa mineralização líquida de N. Nesse sentido, para que essa prática seja viável, a produção de grãos de milho obtida quando realizado a adubação antecipada de N, não deverá ser menor do que aquela alcançada pela adubação tradicional. Pauletti & Costa (2000), por exemplo, obtiveram mesma produtividade de milho com adubação nitrogenada na semeadura, em cobertura ou em pré-semeadura. Silva et al. (2009) também não encontraram diferença na produtividade do milho quando a adubação de N foi realizada na semeadura da aveia preta ou na semeadura do milho. A adubação favoreceu maior produção de aveia e influenciou positivamente a absorção de N e a produtividade do milho. A possibilidade de antecipar a adubação permite uma maior flexibilidade do seu manejo, e com isso contribui também para a redução de gastos (Lange et al., 2009).

Há limitações para a adoção dessa estratégia de manejo da adubação nitrogenada nas regiões central e sudeste do Brasil, onde o clima quente e chuvoso de verão pode limitar a manutenção da palha em razão da intensa mineralização e o déficit hídrico. No inverno, inviabiliza o cultivo de plantas de cobertura no período de entre safra. O milheto tem sido uma das poucas alternativas, devido a sua resistência ao déficit hídrico, o baixo custo da semente e eficiência na ciclagem dos nutrientes (Boer et al., 2007, Silva et al., 2006). Nessas condições, as plantas espontâneas podem ser estrategicamente utilizadas como plantas de cobertura, considerando a adaptação edafo-climática, a diversidade de espécies e a eficiente reciclagem de nutrientes, o que contribui para elevar os teores de Ca, Mg, P e de matéria orgânica (Correia & Durigan, 2008).

Apesar dos benefícios, a palha acumulada sobre o solo dificulta a adubação nitrogenada de cobertura e compromete a sua eficiência no SPD, sobretudo considerando que se utiliza, principalmente, a ureia, que é aplicada sobre o solo sem incorporação. Nessas circunstâncias, a quantidade de NH₃ volatilizada pode variar de 60 a 78 % do N aplicado (Lara Cabezas et. al., 1997; Cantarella & Marcelino, 2008).

A ureia na forma perolada é, atualmente, o principal fertilizante nitrogenado em razão do seu alto teor de N, menor custo relativo, baixa higroscopicidade e corrosividade (Cantarella, 2007). A ureia na forma granulada representou, em 2005, 16 % da ureia consumida no Brasil, no entanto era totalmente importada (Petrobras, 2011). A partir de 2008, a PETROBRAS iniciou a produção e comercialização da ureia granulada, que, segundo a empresa, representa um mercado potencial de 1,2 milhões de toneladas por ano. A ureia perolada tem grânulos com diâmetro médio de 1,6 mm, enquanto que na granulada é de 3,0 mm. A granulação por si, no entanto, parece não ser suficiente para a maior eficiência agrônômica da ureia, visto que Lara Cabezas et al. (1992) constataram maiores volatilizações de NH₃ com grânulos de 2,9 e 7 mm. Em condições de umidade do solo acima da capacidade de campo, Cantarella et al. (2001) verificaram que as maiores perdas de N ocorrem nos três primeiros dias após a aplicação de ureia, evidenciando uma rápida hidrólise, e que este efeito é intensificado com o aumento da dose aplicada.

Nesse contexto, o manejo das plantas espontâneas por meio da dessecação pode viabilizar a adubação nitrogenada na pré-semeadura do milho em SPD. Além disso, a forma e o tamanho do grânulo da ureia possivelmente favorecem a maior eficiência da adubação nitrogenada.

OBJETIVO

Avaliar a adubação nitrogenada na pré-semeadura do milho em sistema plantio direto, com manejo das plantas de cobertura utilizando a ureia na forma perolada ou granulada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (20°45'14" S e 42°52'55" O) durante a safra 2010/2011. O solo da área é um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, cultivado por seis anos em sistema de plantio direto na palha, que apresentou nos 20 cm superficiais: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,72; 36 e 57 mg dm^{-3} de P e K (Mehlich-1); 3,26 e 0,50 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} e Mg^{2+} (KCl 1 mol L^{-1}), respectivamente; 4,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de H+Al (acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} pH 7,0); 2,43 dag kg^{-1} de matéria orgânica (Walkley-Black); 33 mg L^{-1} de P remanescente e V de 47 %. O clima da região é do tipo Cwa de acordo com a classificação de Köppen-Geiger e as condições de tempo no período experimental são apresentados na Figura 1.

Os fatores em estudo foram: planta de cobertura antecessora à cultura do milho (capim Marandú - *Braquiaria brizantha*, aveia preta - *Avena strigosa* e as plantas espontâneas); dose de nitrogênio aplicada na pré-semeadura do milho com a dessecação das plantas de cobertura ou em cobertura no estágio V4 de desenvolvimento do milho (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}), época da aplicação de

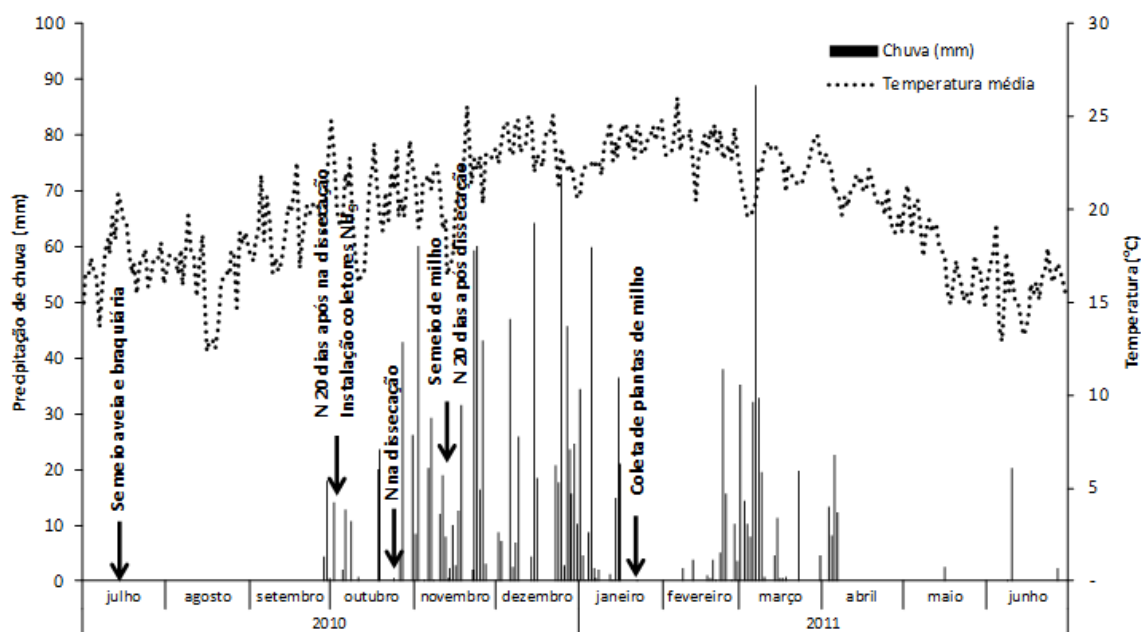


Figura 1. Ocorrência de precipitação pluviométrica, variação da temperatura média durante o período experimental e principais eventos dos experimentos.

200 kg ha⁻¹ de N na pré-semeadura em relação à dessecação (20 dias antes, na dessecação ou 20 dias após) e forma de ureia (ureia perolada PETROBRAS – UPP, ureia granulada PETROBRAS – UGP e ureia granulada especial – UTI). Estes fatores foram combinados em um fatorial incompleto de acordo com a estrutura da matriz Baconiana, totalizando 29 tratamentos (Quadro 1).

A aveia e a braquiária foram semeadas em 13 de julho de 2011 e foram irrigadas até o estabelecimento das chuvas. Em outubro de 2011, antes da aplicação do herbicida para dessecação, efetuou-se avaliação das plantas de cobertura. As plantas contidas em 0,25 m² foram cortadas rente ao solo em três pontos por parcela. O material vegetal cortado foi pesado e uma subamostra foi pesada e seca em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até peso constante. Tomou-se o peso da amostra seca e calculou-se o percentual de matéria seca que

Quadro 1. Tratamentos combinando formas de ureia e nitrato de amônio, doses de N na adubação em pré-semeadura do milho ou em cobertura após o plantio no estágio V4 de desenvolvimento e época de aplicação na pré-semeadura em relação à dessecação das plantas espontâneas, de acordo com a estrutura de uma matriz Baconiana

Tratamento	Cobertura vegetal ¹	Dose de N em cobertura	Dose de N em pré-semeadura	Época em relação a dessecação ²	Fonte ³
		kg/há			
1	ESP	0	0		
2	ESP	200	0	nad	NAM
3	ESP	150	50	nad	NAM
4	ESP	100	100	nad	NAM
5	ESP	50	150	nad	NAM
6	ESP	0	200	nad	NAM
7	ESP	200	0	nad	UPP
8	ESP	0	200	nad	UPP
9	ESP	200	0	nad	UGP
10	ESP	0	200	nad	UGP
11	ESP	200	0	nad	UTI
12	ESP	0	200	nad	UTI
13	AVE	0	200	nad	NAM
14	AVE	0	200	nad	UPP
15	AVE	0	200	nad	UGP
16	AVE	0	200	nad	UTI
17	BRAQ	0	200	nad	NAM
18	BRAQ	0	200	nad	UPP
19	BRAQ	0	200	nad	UGP
20	BRAQ	0	200	nad	UTI
21	ESP	0	200	nad	NAM
22	ESP	0	200	20 ddd	NAM
23	ESP	0	200	20 dad	UPP
24	ESP	0	200	20 ddd	UPP
25	ESP	0	200	20 dad	UGP
26	ESP	0	200	20 ddd	UGP
27	ESP	0	200	20 dad	UTI
28	ESP	0	200	20 ddd	UTI
29		0	0		

¹ ESP: plantas espontâneas; AVE: aveia preta; BRAQ: braquiária.

² 20 dad: 20 dias antes da dessecação; nad: na dessecação, 20 ddd: 20 dias depois da dessecação, correspondem a 40 e 20 vinte dias antes do semeio e no semeio do milho, respectivamente. Dessecação com a aplicação do glifosato e 2,4-D para dessecação

³ UPP: ureia perolada PETROBRAS; UGP: ureia granulada PETROBRAS; UTI: ureia pastilhada importada; NAM: NH₄NO₃.

foi utilizado para estimar o peso de material vegetal seco depositado na área após a dessecação. O material vegetal seco foi moído e analisado quanto a C e N e calculada a quantidade de N aportada pelo material vegetal (kg ha^{-1}). Foram coletadas plantas espontâneas para a identificação das espécies. A biomassa vegetal, o conteúdo de N acumulado na biomassa e as espécies de planta espontâneas identificadas são apresentadas no Quadro 2. A dessecação das plantas de cobertura foi realizada com a aplicação de 1,44 e 0,081 kg ha^{-1} de glifosato e 2,4 D, respectivamente.

A semeadura do milho em sistema plantio direto foi realizada em 10 de novembro de 2010. O milho semeado foi o híbrido simples DKB370 com taxa suficiente para obter o estande de 60.000 plantas ha^{-1} . As sementes foram tratadas com 60 g ha^{-1} de imidacloprido + tiodicarbe. A adubação de plantio foi 20 kg de N, 120 kg de P_2O_5 e 60 kg de K_2O por hectare, utilizando-se a mistura 04-24-12. O plantio ocorreu no vigésimo dia após a dessecação, coincidindo com a última adubação nitrogenada em pré-semeadura.

Tanto a adubação nitrogenada em pré-semeadura como em cobertura foram aplicadas manualmente. Na adubação nitrogenada em pré-semeadura os fertilizantes foram aplicados a lanço na área total da parcela, e na adubação de cobertura foram aplicados sobre o solo em linha ao lado das plantas de milho. Essas adubações eram realizadas minutos após a uma irrigação de toda a área experimental para igualar a perda de N-NH_3 volatilizado pela influencia de umidade entre as parcelas, principalmente no que tange as diferentes épocas de aplicação.

As parcelas foram constituídas de seis linhas de plantio de milho espaçadas de 0,9 m e com quatro metros de comprimento, totalizando 21,6 m^2 . A área útil da parcela foi constituída pelas quatro linhas centrais, eliminando-se 0,5 m

de cada extremidade. A disposição dos tratamentos seguiu o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

Quadro 2. Quantidade de biomassa vegetal e de nitrogênio acumulado na parte aérea da planta de cobertura antes da dessecação e espécies predominantes nas parcelas inerentes a cada tratamento

Tratamento	Biomassa	N acumulado	C/N	Espécie ¹
	kg ha ⁻¹			
1	3 167 (43) ²	42 (28) ²	33 (7) ³	Os, Ip, Ce, Bp, Av, Ea, Ec, Di
2	2 694 (36)	25 (27)	44 (9)	Os, Bp, Ip, Ea, Di, Ec
3	2 403 (13)	45 (29)	24 (6)	Bp, Os, Ip, Av, Di, Ec, Ce, Sa, Uk
4	2 896 (19)	27 (30)	48 (11)	Bp, Ip, Os, Ep, Ce, Av, Ec, Ca, Sa, Di
5	2 619 (15)	27 (28)	44 (11)	Os, Di, Bp, Av, Ip, Ea, Sa,
6	5 124 (39)	44 (47)	53 (12)	Bp, Av, Ip, Sa, Ec, Ca, Di
7	2 566 (30)	26 (32)	43 (14)	Os, Ep, Ip, Bp, Sa, Ea, Di, Ce
8	3 234 (23)	50 (35)	29 (5)	Ip, Os, Di, Ec, Sa, Uk, Av,
9	3 484 (18)	61 (15)	24 (2)	Os, Sa, Bp, Ce, Ip, Av, Ca, Di
10	4 120 (36)	49 (44)	38 (7)	Bp, Ip, Os, Sa, Ce, Av, Ca,
11	2 657 (30)	55 (33)	20 (3)	Ce, Ip, Bp, Ca, Av, Ea, Os, Sa
12	3 873 (29)	46 (18)	36 (6)	Bp, Av, Ce, Sa, Ec, Di
13	8 630 (10)	114 (16)	32 (2)	As
14	6 265 (24)	37 (88)	33 (2)	As
15	6 583 (20)	21 (63)	33 (4)	As
16	6 555 (12)	61 (48)	32 (7)	As
17	5 983 (7)	67 (15)	38 (4)	Bb
18	3 649 (22)	17 (19)	89 (14)	Bb
19	6 344 (14)	19 (64)	73 (1)	Bb
20	7 091 (12)	47 (40)	73 (1)	Bb
21	4 000 (27)	180 (20)	21 (9)	Av, Bp, Ce, Os, Uk, Ec, Ea
22	2 839 (27)	21 (58)	22 (64)	Ec, Bp, Os, Ip, Ep,, Di, Ce, Sa
23	2 953 (42)	95 (37)	23 (13)	Os, Uk, Ce, Ca, Av,, Bd
24	3 749 (27)	22 (45)	83 (40)	Bp, Os, Ec, Ce, Uk, Ep, Av
25	4 530 (39)	163 (38)	11 (1)	Bp, Ea, Ep, Ca, Ce, Ip, Ec
26	2 658 (18)	29 (18)	39 (5)	Bp, Os, Ep, Uk, Ip, Ca, Av, Ea
27	2 395 (33)	91 (27)	10 (1)	Os, Bp, Ec, Av, Ca, Ce, Ep, Ea, As, Ip
28	2 279 (30)	36 (35)	27 (4)	Ec, Os, Sa, Ep, Ce, Ip, Av, Bp

¹ Av = *Amaranthus viridis*; Bp = *Bidens pilosa*; Ce = *Cenchrus echinatus*; Ca = *Chenopodium ambrosioides*; Di = *Digitaria insularis*; Ea = *Eclipta alba*; Ep = *Eragrostis plana*; Ec = *Euphorbia coliniifolia*; Ip = *Ipomoea purpurea*; Os = *Oxalis sp.*; Sa = *Solanum americanum*; Uk = *Unxia kubitzkii*; As = *Avena strigosa*; Bb = *Brachiaria brizantha*

² Coeficiente de variação entre as quatro repetições.

³ Desvio-padrão

Quantificou-se a perda de N por volatilização nas parcelas dos tratamentos 6, 8, 10 e de 12 a 28 (Quadro 1). As medições ocorreram aos 3, 7, 14,

21 e 28 dias após a adubação. Foram utilizados coletores semiabertos estáticos de acordo com Lara Cabezas et al. (1997) (Figura 2), construídos com tubos de PVC de 20 cm de diâmetro e 60 cm de altura, utilizando para a captura de NH_3 discos de espumas de nylon com 15 cm de diâmetros embebidos em solução 1 mol L^{-1} de H_2SO_4 mais 30 mL L^{-1} de glicerina.

Para a determinação da NH_3 os discos de espuma foram lavados com 80 de KCl $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e com 40 mais 40 mL de água destilada em sequência. O volume de extrato (160 mL) juntamente com a espuma cortada em pequenos pedaços foi transferido para tubos de destilação. Procedeu-se a destilação com arraste de vapor alcalinizando o extrato com NaOH 400 g L^{-1} . A amônia evoluída foi capturada em solução indicadora mista com H_3BO_3 e o N amoniacal foi dosado por titulação colorimétrica (Tedesco, 1995).

Aos 70 dias após a germinação, quando cerca de 90 % das plantas iniciaram a liberação de pólen (início da polinização), quatro plantas por parcela em plena floração foram cortadas rente ao solo. As plantas foram dissecadas em pendão, espiga, folha e colmo. Cada componente das quatro plantas foram reunidos, pesados e depois foram retiradas subamostras, que também foram pesadas. Essas subamostras foram secadas em estufa de circulação forçada de ar ($70 \text{ }^\circ\text{C}$ por 48 h), pesadas, moídas e analisadas para determinação dos teores de N (Tedesco, 1995). Considerando-se os teores e a massa seca de cada componente das plantas foram calculados os conteúdos de N e, com o somatório destes estimou-se a quantidade de N absorvido e acumulado na parte aérea da planta em kg ha^{-1} , que foi corrigida para a população de plantas que efetivamente se estabeleceu no experimento. Para o cálculo das quantidades de N foram usadas as formulas:

Recuperação aparente do N-Fertilizante (RANf)

$$\text{RANf} = \frac{(N_i) - (N_{\text{test.relativa}})}{N_f}$$

N_i = nitrogênio acumulado na planta de milho em cada tratamento "i"

$N_{\text{test.relativa}}$ = nitrogênio acumulado na planta de milho no tratamento sem adubação de cobertura ou de pré-semeadura com resíduos das plantas de cobertura, mas com adubação de plantio (20 kg/ha de N)

N_f = Dose de N-fertilizante (200 kg/ha) em cobertura ou em pré-semeadura

Recuperação aparente do N absorvido pela planta cobertura (RANfp)

$$\text{RANfp} = \frac{(N_i) - (N_{\text{test.absoluta}})}{N_f + N_{\text{resíduo}}}$$

N_i = nitrogênio acumulado na planta de milho em cada tratamento "i"

$N_{\text{test.absoluta}}$ = nitrogênio acumulado na planta de milho no tratamento sem adubação de cobertura ou de pré-semeadura sem resíduos das plantas de cobertura, mas com adubação de plantio (20 kg/ha de N)

N_f = Dose de N-fertilizante (200 kg/ha) em cobertura ou em pré-semeadura

$N_{\text{resíduo}}$ = Quantidade de N aportado por meio dos resíduos das plantas de cobertura no tratamento N_i .

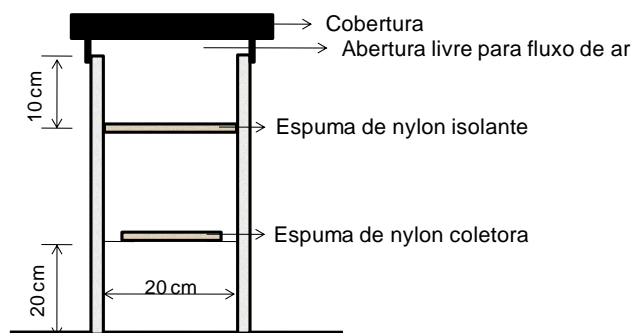


Figura 2. Esquema do coletor de amônia semiaberto estático de acordo com Lara Cabezas et al. (1997).

Para avaliação da produtividade da cultura do milho foram colhidas as quatro linhas centrais, eliminando 0,5 m em cada extremidade. A produtividade (kg/ha) foi corrigida para grãos com 13 % de umidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos dos fatores estudados foram comparados por meio de contrastes considerando a probabilidade de significância até o nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação nitrogenada 20 dias depois da dessecação (20 ddd) ocorreu sobre a palhada, portanto, os 21 a 36 kg ha⁻¹ de N acumulados nas plantas espontâneas decorreram da absorção do N suprido pelo solo (Quadro 3). O N na biomassa das plantas espontâneas foi maior com a adubação na dessecação (nad) e, ainda maior com a adubação 20 dias antes da dessecação (20 dad), independente do fertilizante nitrogenado (Quadro 4). Desta forma, estima-se que as plantas espontâneas recuperaram, em média, 10 ou 53 % do N aplicado na dessecação ou 20 dias antes da dessecação, respectivamente. Os fertilizantes nitrato de amônio (NAM) e ureia granulada Petrobras (UGP) aplicados 20 dias antes da dessecação propiciaram os maiores acúmulos de N na biomassa, 180 e 163 kg ha⁻¹, respectivamente, que correspondem a 78 e 68 % do N aplicado. Esses índices de recuperação evidenciam que as plantas espontâneas foram eficazes na absorção do N. A intensa absorção do N aplicado 20 dias antes da dessecação reduziu a relação C/N na biomassa das plantas invasoras para valores entre nove e 13, que é favorável para a mineralização líquida de N (Quadro 4).

Com a adubação nitrogenada 20 dias após da dessecação (20 ddd) a biomassa das plantas espontâneas foi, em média, 2 814 kg ha⁻¹, enquanto que, com a aplicação do N na dessecação ou 20 dias antes a biomassa na parte aérea

Quadro 3. Valores médios e contrastes médios para produtividade de grãos e N acumulado na parte aérea do milho de acordo com a manutenção ou não do resíduo da planta espontânea após a dessecação, sem adubação nitrogenada de cobertura, no cultivo do milho em sistema de plantio direto

Resíduo da planta espontânea	Produtividade	N absorvido
	kg ha ⁻¹	
Sem	2 428	22
Com	3 394	28
C1: Sem resíduo vs Com resíduo	966 **	6

** significativo a 1% de probabilidade, de acordo com o teste F

das plantas espontâneas foi, em média, de 4 088 e 3 469 kg ha⁻¹, respectivamente. A biomassa acumulada no tratamento 20 ddd não sofreu influência da adubação nitrogenada considerando que esta foi aplicada sobre a palhada, 20 dias após a dessecação. Em termos médios, os dados sugerem aumento da biomassa acumulada com a adubação nitrogenada das plantas espontâneas ainda vivas. No entanto, esta tendência não é consistente quando de acordo com as fontes de N em cada uma das épocas de aplicação (Quadro 4). Para os fertilizantes NAM e UTI a maior produção ocorreu com a aplicação na dessecação enquanto que, para a UGP e a UPP a maior produção ocorreu com a adubação 20 dias antes e 20 dias depois da dessecação, respectivamente e estas não se relacionam com as quantidades acumuladas de N (Quadro 4). A falta de relação entre o N acumulado e a quantidade de biomassa é, em parte, explicada pela elevada diversidade de espécies de plantas espontâneas (Quadro 2). Há de se considerar, ainda, a distribuição aleatória das espécies de plantas espontâneas nas parcelas (Quadro 1), o que justifica os elevados coeficientes de variação tanto para biomassa como para o N acumulado (Quadro 4).

A produtividade do milho apenas com a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio e com a remoção da palha das plantas espontâneas após a

dessecação (Tratamento 29, Quadro 1) foi de 2 428 kg ha⁻¹ (Quadro 3). Nestas circunstâncias acumularam-se nas plantas de milho 22 kg ha⁻¹ de N (Quadro 3), quantidade que se aproxima da dose aplicada no sulco de plantio. Mantendo-se os resíduos das plantas espontâneas após a dessecação (Tratamento 1, Quadro 1) a produção foi significativamente maior (teste de F, p < 1 %) alcançando-se 3 394 kg ha⁻¹ e o N acumulado foi de 28 kg ha⁻¹ (Quadro 3).

Quadro 4. Quantidades médias de biomassa seca e de N e a relação C/N na parte aérea das plantas espontâneas por ocasião da aplicação dos herbicidas para a dessecação, com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N utilizando diferentes fertilizantes aplicados 20 dias antes da dessecação (dad), ou na dessecação (nd) ou sobre a palhada, 20 dias depois da dessecação (ddd) com herbicidas¹

Adubação em pré-semeadura ¹	Fertilizante ²	Biomassa	N acumulado	C/N
			kg ha ⁻¹	
20 dad	NAM	4 000 (27) ³	180 (20) ³	9 (10) ³
	UPP	2 953 (42)	95 (37)	13 (16)
	UGP	4 530 (39)	163 (38)	11 (11)
	UTI	2 395 (33)	91 (27)	10 (14)
	Média	3 469	132	11
Nad	NAM	5 124 (39)	44 (47)	53 (23)
	UPP	3 234 (23)	50 (35)	29 (18)
	UGP	4 120 (36)	49 (44)	38 (18)
	UTI	3 873 (29)	46 (18)	36 (17)
	Média	4 088	47	36
20 ddd	NAM	2 839 (27)	21 (58)	64 (34)
	UPP	3 749 (27)	22 (45)	83 (48)
	UGP	2 658 (18)	29 (18)	39 (13)
	UTI	2 279 (30)	36 (35)	27 (15)
	Média	2 814	27	53

¹ 20 ddd, nad e 20 dad correspondem a 40 e 20 vinte dias antes do semeio do milho e no semeio, respectivamente. Dessecação com a aplicação do glyphosate e 2,4-D;

² NAM = nitrato de amônio; UPP = ureia perolada PETROBRAS; UGP = ureia granulada PETROBRAS; UTI = ureia granulada especial

³ Coeficiente de variação.

Nas parcelas sem os resíduos vegetais (Tratamento 29, Quadro 1) produziram-se 110 kg de milho por kg de N acumulado na biomassa da planta,

enquanto que mantendo-se os resíduos (Tratamento 1, Quadro 1) esta taxa foi de 121 kg kg⁻¹. Considerando que o incremento no N acumulado na planta não foi significativo, esta maior eficiência de produção pode ser atribuída ao aporte de outros nutrientes por meio dos resíduos. As baixas produtividades e as baixas quantidades de N absorvido revelam a limitada capacidade de suprimento de N deste solo, indicando que as condições experimentais foram propícias para avaliar-se resposta à adubação nitrogenada.

A produtividade do milho diminuiu significativamente com a fração da dose de 200 kg ha⁻¹ de N, como nitrato de amônio, que foi aplicada na pré-semeadura do milho, por ocasião da dessecação das plantas espontâneas, isto é, 20 dias antes da semeadura do milho (Figura 2A). A queda na produtividade do milho é atribuída à diminuição na absorção do N, conforme evidência a redução de 35 % no N acumulado na parte aérea das plantas (Figura 2B). A recuperação aparente do N suprido pelo nitrato de amônio e/ou resíduos das plantas espontâneas (RANf, RANfp) diminuiu à taxa da 16 % com aumento da dose de N aplicada na pré-semeadura (Figura 2C). Considerando que a perda de N por volatilização de NH₃ para o nitrato de amônio é mínima estas tendências podem ser atribuídas à imobilização do N, o que se justifica pela relação C/N média de 43 na biomassa das plantas espontâneas (Quadro 2, tratamentos de 2 a 6).

A menor eficiência da adubação nitrogenada em pré-semeadura, por ocasião da dessecação das plantas espontâneas, em relação à adubação de cobertura se confirma também com o uso da ureia (Quadro 5). Ocorreu, de modo geral, maior acúmulo de N na planta e, por conseguinte, maior recuperação aparente de N com a adubação de cobertura.

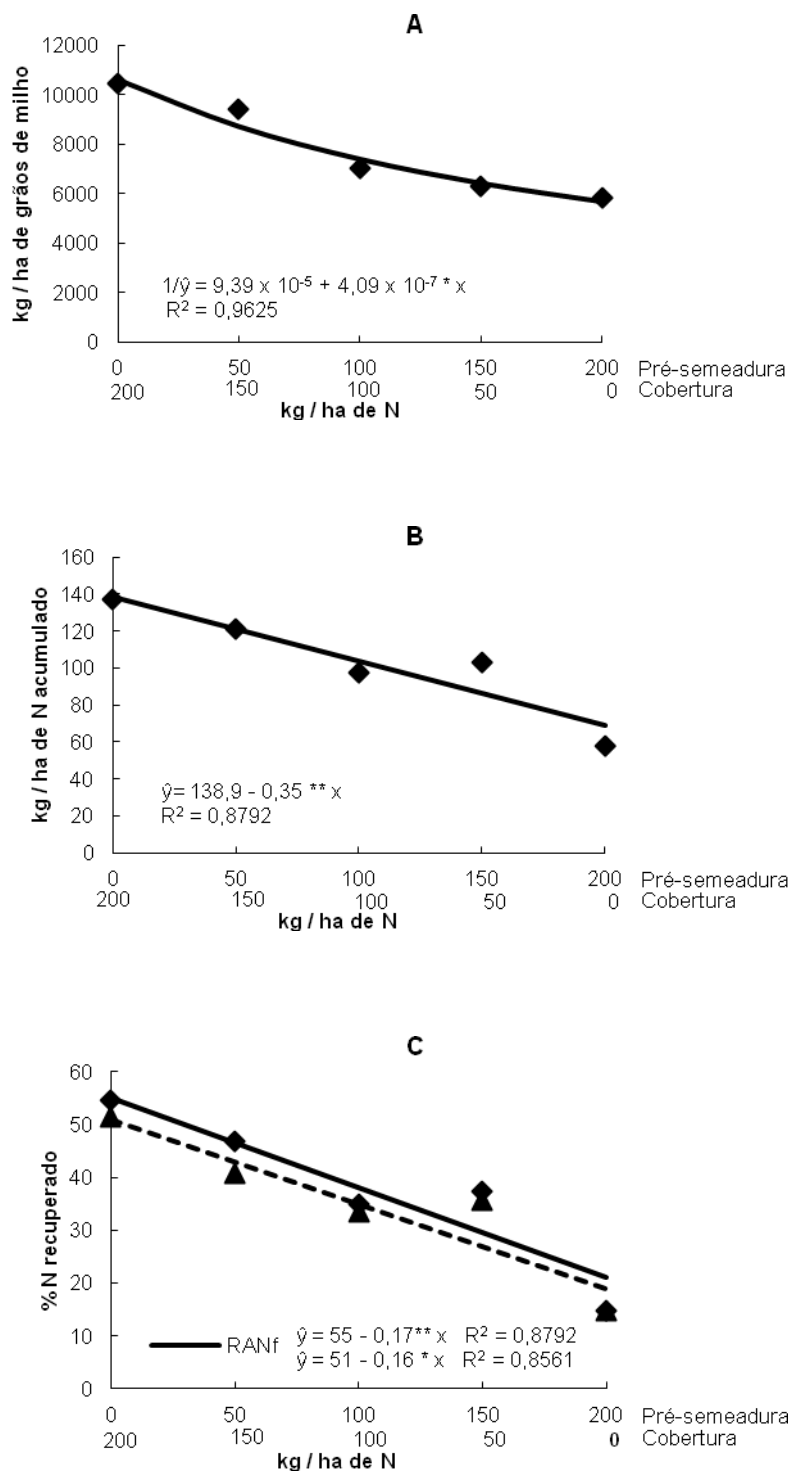


Figura 2. Produtividade do milho (A), quantidade de N acumulado na parte aérea das plantas de milho (B), recuperação aparente de N do fertilizante (RANf) e do fertilizante mais o N dos resíduos (RNAsfp) (C), de acordo com as doses de N como NH_4NO_3 aplicadas por ocasião da dessecação das plantas espontâneas, 20 dias antes da semeadura. O complemento para atingir 200 kg/ha de N foi aplicado em cobertura no estágio V4 de desenvolvimento do milho. **, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade, de acordo com o teste t.

Quadro 5. Valores médios e contrastes médios para produtividade de grãos, N acumulado na parte aérea das plantas de milho e recuperação aparente do N do fertilizante (RANf) e do N do fertilizante mais o N adicionado pelos resíduos das plantas de cobertura (RANfp) de acordo com o fertilizante nitrogenado (200 kg ha⁻¹ de N) aplicado na dessecação das plantas espontâneas vinte dias antes do semeio do milho ou em cobertura no estádio V4 do milho semeado em sistema de plantio direto

Fertilizantes ¹	Adubação nitrogenada		Produtividade	N acumulado	RANf	RANfp
	Pré-semeadura ²	Cobertura				
	kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		%	
NAM	0	200	10 458 a	137 a	44 a	51 a
	200	0	5 833 b	58 b	4 b	15 b
UPP	0	200	9 490 a	107 a	29 a	38 a
	200	0	5 900 b	74 b	12 b	21 b
UGP	0	200	9 537 a	126 a	38 a	40 a
	200	0	5 835 b	83 b	17b	24 b
UTI	0	200	9 584 a	122 a	36 a	39 a
	200	0	6 701 b	102 b	26 b	33 a
Com adubação nitrogenada em pré-semeadura						
C1: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)			937	86 **	14**	34 **
C2: -UPP vs UGP			-64	9	5	3
C3: -UPP vs UTI			801 *	28 **	14 **	12 **
C4: -UGP vs UTI			866 *	19 *	10 *	8 *
Com a adubação nitrogenada em cobertura						
C5: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)			-1.016 **	-55 **	-10 **	-37 **
C6: -UPP vs UGP			47	19 *	9 *	2
C7: -UPP vs UTI			94	15	7	1
C8: -UGP vs UTI			47	-4	-2	-1

* ; ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, de acordo com o teste F

1 NAM = nitrato de amônio; UPP = ureia perolada PETROBRAS; UGP = ureia granulada PETROBRAS; UTI = ureia granulada especial,

2 Adubação antecipada ocorreu 20 dias antes do plantio, antes da aplicação do glyphosate + 2,4-D para dessecação das plantas espontâneas.

Em cada coluna, para cada um dos fertilizantes as médias seguidas de letra diferentes, diferem estatisticamente de acordo com o teste de F a 5 % de probabilidade.

Na adubação em pré-semeadura não se observou diferença significativa na produtividade com nitrato de amônio e aquela alcançada em média com as três formas de ureia avaliadas (Quadro 5, contraste C1). Nestas circunstâncias a ureia granulada especial (UTI) mostrou-se significativamente mais eficiente do que a ureia perolada (UPP) e a ureia granulada PETROBRAS (UGP) (Quadro 5,

contrastes C3 e C4). Com a adubação de cobertura o nitrato de amônio proporcionou produtividade, acúmulo de N nas plantas e recuperação aparente do N significativamente maiores do que aquelas alcançadas, em média com as três formas de ureia (Quadro 5, contraste C5).

A aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, na dessecação das plantas espontâneas, proporcionou, em média, uma produção 6 067 kg ha⁻¹ de milho (Quadro 6). Com a mesma estratégia de adubação, tendo-se a aveia e braquiária como plantas de cobertura foram obtidos 9 756 e 6 361 kg ha⁻¹ grãos de milho, ou seja, incrementos de 60 e 5 % em relação ao uso de plantas espontâneas, respectivamente. A aveia foi a planta de cobertura que proporcionou, em média maior acúmulo de N e maior recuperação aparente do N (RANp e RANpf) (Quadro 6). A biomassa da aveia por ocasião da dessecação apresentava relação C/N média de 33, com pouca amplitude de variação (Quadro 2, tratamentos 13 a 16). Nos tratamentos com braquiária (18 a 21) ou com plantas espontâneas (6,7,9 e 11) a relação C/N da biomassa dessecada foi, em média de 63 e 35, respectivamente. A maior relação C/N da braquiária favoreceu maior imobilização do N, o que se constata pela menor quantidade de N acumulada nas plantas de milho (Quadro 6). Apesar da biomassa das plantas espontâneas terem relação C/N média de 35, a maior amplitude de variação explica a maior imobilização em relação a aveia (relação C/N igual 33), justificando a menor quantidade de N absorvido e menor produtividade do milho (Quadro 6).

De modo geral os fertilizantes nitrogenados para os três tipos de plantas de cobertura não causaram variações significativas na produtividade e no N acumulado nas plantas de milho (Quadro 6). No entanto, observa-se a tendência do nitrato de amônio proporcionar produtividade maior que aquela obtida com as três formas de ureia apenas quando a planta de cobertura foi a aveia (Quadro 6).

Quadro 6. Valores médios e contrastes médios para produtividade de grãos, N acumulado na parte aérea pelas plantas de milho e recuperação aparente do N do fertilizante (RANf) e do N do fertilizante mais o N adicionado pelos resíduos das plantas de cobertura (RANfp) de acordo com a planta de cobertura e com o fertilizante nitrogenado (200 kg ha⁻¹ de N) aplicado na dessecação das plantas de cobertura, vinte dias antes do semeio do milho em sistema de plantio direto

Planta de cobertura ¹	Fertilizante ²	Produtividade	N Acumulado	RANf	RANfp
		kg ha ⁻¹		%	
ESP	NAM	5 833	58	4	15
	UPP	5 900	74	12	21
	UGP	5 835	83	17	24
	UTI	6 701	102	26	33
	Média	6 067	79	15	23
AVE	NAM	10 030	123	37	32
	UPP	9 733	119	35	41
	UGP	9 434	126	38	47
	UTI	9 826	121	36	39
	Média	9 756	122	36	40
BRA	NAM	6 135	63	7	16
	UPP	6 652	79	14	26
	UGP	6 133	76	13	25
	UTI	6 526	76	13	22
	Média	6 361	73	12	22
Dentro de planta de cobertura ESP					
	C1: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)	937	86**	14**	34**
	C2: -UPP vs UGP	-64	9	5	3
	C3: -UPP vs UTI	801*	28**	14**	12**
	C4: -UGP vs UTI	866*	19*	10*	8*
Dentro de planta de cobertura AVE					
	C5: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)	-1096	-3	-2	30**
	C6: -UPP vs UGP	-300	7	3	6
	C7: -UPP vs UTI	93	2	1	-3
	C8: -UGP vs UTI	392	-5	-2	-9*
Dentro de planta de cobertura BRA					
	C9: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)	907	41*	20*	26**
	C10: -UPP vs UGP	-519	-3	-1	-1
	C11: -UPP vs UTI	-125	-3	-1	-4
	C12: -UGP vs UTI	394	0	0	-3

* ; ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, de acordo com o teste F

1 ESP= plantas espontâneas; AVE= aveia preta; BRA= Braquiaria brizantha

2 NAM = nitrato de amônio; UPP = ureia perolada PETROBRAS; UGP = ureia granulada PETROBRAS; UTI = ureia granulada especial

Com o manejo das plantas espontâneas, tanto o nitrato de amônio como as três formas de ureia proporcionaram produtividades de milho significativamente maiores quando os 200 kg/ha de N foram aplicadas 20 dias após a dessecação, isto é, junto com o semeio do milho do que aplicado na dessecação (Quadro 7, contrastes C2, C5, C8 e C11) ou aplicados 20 dias antes da dessecação (contrastes C3, C6, C9 e C12). A adubação nitrogenada 20 dias antes da dessecação, com as plantas espontâneas ainda vegetando, resultou em produtividade de milho significativamente menor do que a adubação na dessecação (Quadro 7, contrastes C1, C4, C7 e C10). Embora as plantas espontâneas tenham absorvido uma fração expressiva do N aplicado (Quadro 4), a mineralização da palhada dessecada não disponibilizou N suficiente para maiores produtividades (Quadro 7).

O monitoramento da volatilização de NH_3 evidencia que a máxima perda de N ocorreu até o sétimo dias desde a aplicação de 200 kg ha^{-1} de N na dessecação das plantas de cobertura, independentemente do fertilizante nitrogenado utilizado (Figura 3).

A volatilização de NH_3 acumulada em 28 dias desde aplicação dos 200 kg ha^{-1} de N foi, de modo geral, significativamente menor para o nitrato de amônio (Quadro 5, contrastes C1, C3 e C7), o que se justifica pela sua composição química. Esta tendência explica as maiores produtividades e maiores acúmulos de N nas plantas de milho alcançadas com o uso do nitrato de amônio.

A adubação nitrogenada na dessecação evidencia que aveia proporcionou de modo geral, menores perdas de NH_3 e as maiores perdas ocorreram com as plantas espontâneas (Quadro 8). A menor relação C/N da aveia favorece uma rápida imobilização do N prevenindo, assim, a volatilização da NH_3 .

Quadro 7. Valores médios e contrastes médios para produtividade de grãos e N acumulado na parte aérea pelas plantas de milho e recuperação aparente do N do fertilizante (RANf) e do N-fertilizante mais o N dos resíduos das plantas de cobertura (RANfp) de acordo com o fertilizante nitrogenado (200 kg ha⁻¹ de N) e a época de aplicação da adubação na pré-plantio do milho em sistema de plantio direto tendo plantas espontâneas como cultura antecessora

Fertilizante ¹	Época adubação pré-semeadura ²	Produtividade	N acumulado	RANf	RANfp
	d	kg ha ⁻¹		%	
NAM	20 dad	4 890	68	9	12
	nad	5 833	58	4	15
	20 ddd	7 443	90	20	31
UPP	20 dad	4 469	46	-2	8
	nad	5 900	74	12	21
	20 ddd	6 894	98	24	34
UGP	20 dad	4712	70	10	14
	nad	5835	83	17	24
	20 ddd	6881	100	25	34
UTI	20 dad	4727	55	3	12
	nad	6701	102	26	33
	20 ddd	7080	103	27	35
Dentro do fertilizante NAM					
	C1: -(nad) vs (20 dad)	-943 *	10	5	-2
	C2: -(nad) vs (20 ddd)	1610 **	32 **	16 **	16 **
	C3: -(20 dad) vs (20 ddd)	2553 **	22 **	11 **	18 **
Dentro do fertilizante UPP					
	C4: -(nad) vs (20 dad)	-1431 **	-27 **	-14 **	-13 **
	C5: -(nad) vs (20 ddd)	995 **	25 **	12 **	13 **
	C6: -(20 dad) vs (20 ddd)	2425 **	52 **	26 **	26 **
Dentro do fertilizante UGP					
	C7: -(nad) vs (20 dad)	-1123 **	-13	-6	-11 **
	C8: -(nad) vs (20 ddd)	1046 **	17 *	9 *	10 *
	C9: -(20 dad) vs (20 ddd)	2169 **	30 **	15 **	21 **
Dentro do fertilizante UTI					
	C10: -(nad) vs (20 dad)	-1974 **	-47 **	-23 **	-21 **
	C11: -(nad) vs (20 ddd)	378	1	0	2
	C12: -(20 dad) vs (20 ddd)	2353 **	48 **	24 **	23 **

* ; ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, de acordo com o teste F

¹ NAM = nitrato de amônio; UPP = ureia perolada PETROBRAS; UGP = ureia granulada PETROBRAS;

UTI = ureia granulada especial

² 20 dad: 20 dias antes da dessecação; nad: na dessecação, 20 ddd: 20 dias depois da dessecação, correspondem a 40 e 20 vinte dias antes do semeio e no semeio do milho, respectivamente. Dessecação com a aplicação do glifosato e 2,4-D para dessecação

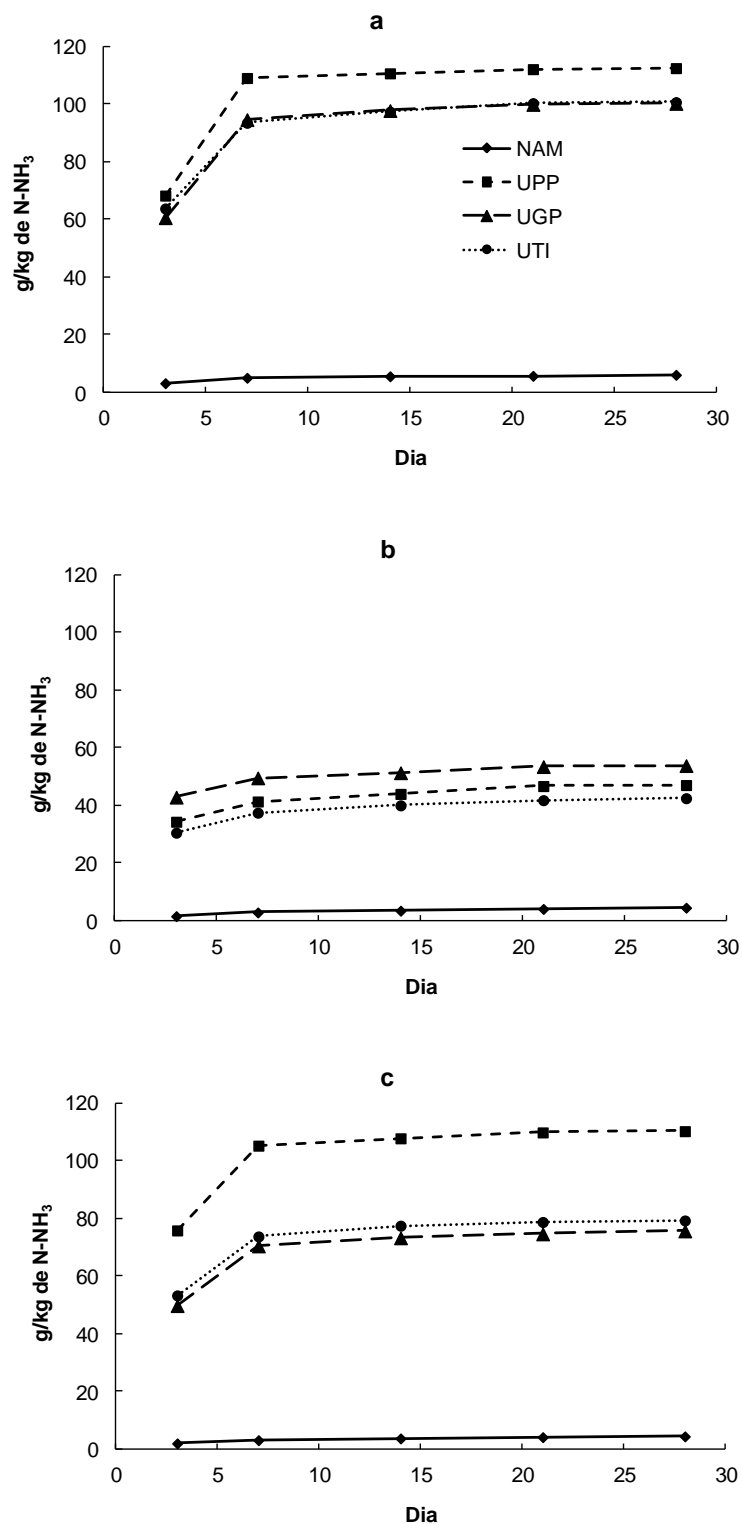


Figura 3. NH₃ volatilizado acumulado em relação à dose de 200 kg ha⁻¹ de N aplicado como NH₄NO₃ (NAM), ureia perolada PETROBRAS (UPP), ureia granulada PETROBRAS (UGP) e ureia granulada especial (UTI), de acordo com o tempo desde a adubação realizada antes da aplicação do glyphosate + 2,4-D para dessecação das plantas espontâneas (a), da aveia (b) e braquiária (c), vinte dias antes do semeio do milho em sistema de plantio direto.

Com a aveia, a UPP e as formas granuladas de ureia apresentaram volatilização de NH_3 estatisticamente equivalentes, embora a UGP tenha apresentado maior volatilização do que a UTI (Quadro 8, contraste C6). Utilizando-se a braquiária como planta de cobertura a UPP apresentou volatilização de NH_3 significativamente maior do que as formas granuladas (contraste C5), enquanto que, nestas circunstâncias as formas granuladas (UGP e UTI) apresentaram volatilização equivalente (Quadro 8, contraste C6).

Com o nitrato de amônio (NAM) há uma mínima volatilização de NH_3 em relação à média das três formas de ureia (UPP, UGP e UTI), tanto na adubação com as plantas espontâneas ainda vivas (20 dad) como na adubação sobre a palhada, vinte dias após a dessecação (20 ddd) (Quadro 8),. Com a adubação 20 dad as formas de ureia granulada (UGP e UTI) propiciaram volatilização de NH_3 significativamente maior do que a ureia perolada (Quadro 8, contraste C2). A UGP, no entanto, proporcionou maior perda de NH_3 do que a UTI. Com a aplicação 20 dias após a dessecação, isto é sobre a palhada, ocorreu perdas de NH_3 significativamente maiores para a UPP (Quadro 8, contraste C8). Entre as formas granuladas, também nestas condições, a UGP apresentou maior volatilização de NH_3 .

Quadro 8. Valores médios e contrastes médios (Ci) para volatilização de N-NH₃ de acumulada em 28 dias desde a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N de acordo a época de aplicação da adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho em sistema de plantio direto, com o fertilizante nitrogenado (200 kg ha⁻¹ de N) e com a planta de cobertura

Adubação em pré-semeadura ¹	Fertilizante ²	N-NH ₃ volatilizado		
		Plantas espontâneas	Aveia	Braquiaria
			g kg ⁻¹	
20 dad	NAM	5,1		
	UPP	65,3		
	UGP	225,9		
	UTI	110,4		
nad	NAM	6,1	4,6	4,5
	UPP	112,6	47,1	110,4
	UGP	100,3	53,9	75,7
	UTI	100,7	42,6	79,4
20 ddd	NAM	4,0		
	UPP	227,6		
	UGP	171,5		
	UTI	113,8		
Dentro da adubação 20 dad				
C1: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)		128,8 **		
C2: -2UPP vs (UGP+UTI)		102,9 **		
C3: -UGP vs UTI		-115,4 **		
Dentro da adubação nd				
C4: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)		98,4 **	43,3 **	84,0 **
C5: -2UPP vs (UGP+UTI)		-12,0	1,1	-32,8 *
C6: -UGP vs UTI		0,4	-11,3	3,6
Dentro da adubação 20 ddd				
C7: -3NAM vs (UPP +UGP +UTI)		167,0 **		
C8: -2UPP vs (UGP+UTI)		-85,0 **		
C9: -UGP vs UTI		-57,7 **		

** significativo a 1% de probabilidade, de acordo com o teste F

¹ ddd: dias depois da dessecação; nad: com a dessecação, dad: dias antes da dessecação, 20 dad, nd e 20 ddd, correspondem a 40 e 20 vinte dias antes do semeio e no semeio do milho, respectivamente. Dessecação com a aplicação do glyphosate e 2,4-D

² NAM = nitrato de amônio; UPP = ureia perolada PETROBRAS; UGP = ureia granulada PETROBRAS; UTI = ureia granulada especial

CONCLUSÃO

Conclui-se:

Que as plantas espontâneas respondem a adubação nitrogenada acumulando N na biomassa;

A dessecação química das plantas espontâneas não é eficaz para viabilizar a adubação nitrogenada na pré-semeadura no milho em sistema plantio direto;

A dessecação química da aveia preta é eficaz para viabilizar a adubação nitrogenada na pré-semeadura do milho em SPD;

A ureia granulada especial é eficaz para a adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho em SPD, com o manejo da planta de cobertura por meio da dessecação química

LITERATURA CITADA

- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto. UFSM/Depto de Solos, Santa Maria, 1997. p.76-111.
- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A. & BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 18:101-108, 1994.
- AMADO, T.J.C. Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo. 1997. 201f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 26:241-248, 2002.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:179-189, 2000.
- AMADO, T.J.C.; SANTI, A. & ACOSTA J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta: influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 27:1085-1096, 2003.
- BOER, C.A., ASSIS, R.L.de., SILVA, G.P., BRAZ, A.J.B.P., LEMOS BARROSO A.L.de., FILHO, A.C. & PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. Pesq. Agropec. Bras. 42 (9):1269-1276, 2007.
- BOLLIGER, A.; MAGID, J.; AMADO, T.J.C.; NETO, F.S.; RIBEIRO, M.F. dos S.; CALEGARI, A.; RALISH, R. & NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian

- “zero-till revolution”: A review of landmark research and farmers practice. *Advances in Agronomy*, 91:47-110, 2006.
- CANTARELLA H. & MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. *Informações agronômicas* nº 122. *International Plant Nutrition* – junho/2008.
- CANTARELLA, H., Nitrogenio. In: NOVAES, R.F., ALVAREZ, V.H. BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. & SILVA, A.G. Perdas diárias de amônia por volatilização, de duas fontes de adubo nitrogenado aplicadas na superfície de pastagem de capim Coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Piracicaba, 2001. Piracicaba. Anais... Piracicaba, SBZ, 2001. p.330-331.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B. & MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26 (1):163-171, 2002a.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N. & SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 32 (1):125-136, 2002b.
- CORREIA, N.M. & DURIGAN, J.C. Culturas de cobertura e sua influencia na fertilidade no solo sob sistema de plantio direto. *Biosci. J.*, 24 (4):20-31, 2008.
- DA ROS, C.O. & AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:135-140, 1996.
- ESPÍNOLA, J.I.A.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G. & URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:321-328, 2006.
- HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C. & FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:331-340, 2001.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesq. Agro. Bras.*, 20:1021-1030, 1985.
- JAMA, B.A. & NAIR, P.K.R. Decomposition- and nitrogen- mineralization patterns of *Leucaena leucacephala* na *Cassia siamea* mulch under tropical semiarid conditions in Kenia. *Plant and Soil*, 179:275-285, 1996.
- JANSSEN, B.H. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil*, 181:39-45, 1996.

- KUMAR, K. & GOH, K.M. Nitrogen Release from crop residues and organic amendments as affected by biochemical composition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34 (17):2441-2460, 2003.
- LANGE, A.; CABEZAS, W.A.R.L. & TRIVELIN, P.C.O. Produtividade de palha e de milho no sistema semeadura direta, em função da época da aplicação do nitrogênio no milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 8 (1):57-68, 2009.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O. & BOARETTO, A.E. Efeito do tamanho de grânulo e relação N/S da uréia aplicada em superfície na volatilização de amônia sob diferentes umidades iniciais do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:409-413. 1992.
- LARA-CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H. & MOTTA, S.A. Volatilização de nitrogênio da amônia na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:481-487, 1997.
- MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C. & NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Bragantia*, 62 (2):267-274, 2003.
- MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D. & ROBIN, D. Interaction between decomposition of plant residues and nitrogen and nitrogen cycling in soil. *Plant and Soil*, 181:71-82, 1996.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura de solo: características e manejo em pequena propriedade. *Fotomecânica Meredi*, Chapeco, Santa Catarina. Ed. do Autor. 1991, 337p.
- MONTEIRO, H.C.F.; CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A.J. & FONSECA, D.M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. *R. Bras. Zoo.*, 31 (3):1092-1102, 2002.
- NASCIMENTO, F.M.; BICUDO, S.J.; FERNANDES, D.M.; RODRIGUES, J.G.L. & FERNANDES, J.C. Diagnose foliar em plantas de milho em sistema de semeadura direta em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, 5 (1):67-86, 2012.
- PAULETTI, V & COSTA, L.C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão a aveia preta no sistema de plantio direto. *Ciência Rural*, 30 (4):599-603, 2000.
- PETROBRAS. Disponível em http://www.petroquisa.com.br/PaginaDinamica.asp?Grupo=250&Publicacao=578&APRES=PUBL&WT=1&ID_home=HOME-245&ID_noticias=Petrobras+inicia+comercializa%E7%E3o+de+ur%E9ia+gr%C3%AAnulada+no+Brasil-578&ID_TIPO=P. Acesso em 6 junho de 2011.

- PÖTTKER, D. & ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. *Pesq. Agro. Bras.*, 29:763-770, 1994.
- PÖTTKER, D. & WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 34 (4):1015-1020, 2004.
- SÁ, J.C.M. Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto. *Passo Fundo: Aldeia Norte*, 1996. 23p.
- SANTI, A.; AMADO, T.J.C. & ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I - influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:1075-1083, 2003.
- SILVA, M.A.G.da.; PORTO, S.M.A.; MANNIGEL, A.R.; MUNIZ, A.S.; MATA, J.de.D. V.da & NUMOTO, A.Y. Manejo da adubação nitrogenada e influencia do crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31 (2): 275-281, 2009.
- SIMS, A.L.; SCHEPERS, J.S.; OLSON, R.A. & POWER, J.F. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of Tillage and conventional till: tillage and surface- -residues variables. *Agronomy Journal*, 90 (5):630-637, 1998.
- TEDESCO, M.J.; GIANEL,W.C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre, 2. ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por sistemas de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:249-254, 1994.
- TIAN, G.; KANG, B.T. & BRUSSAARD, L. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions- decomposition and nutrient release. *Soil Biologic Biochemistry Exter.*, 24:1051-1060, 1992.
- VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C. & VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, M. & NEVES, C.P. *Microbiologia do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.